

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2020.04.020

王东升, 王蓓, 孙菲菲, 等. 含氨基酸水溶肥料和 EM 微生物菌剂对设施莴笋生长和品质的影响. 土壤, 2020, 52(4): 796–801.

含氨基酸水溶肥料和 EM 微生物菌剂对设施莴笋生长和品质的影响^①

王东升^{1,2}, 王 蓓¹, 孙菲菲¹, 李伟明¹, 吴旭东¹, 刘庆叶¹, 陈莉莉¹, 周晓平¹, 陈奎礼¹, 黄忠阳^{1*}

(1 南京市蔬菜科学研究所, 南京 210042; 2 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘 要: 以莴笋为供试材料, 研究在莴笋叶面喷施、根部灌施 EM 微生物菌剂和含氨基酸水溶肥料对其植株生长、光合特性、产量和果实品质的影响。本试验设 4 个处理: 不施用任何肥料(CK)、常规施肥处理(T1)、喷施+灌施 EM 微生物菌剂(T2)、喷施+灌施含氨基酸水溶肥料(T3)。试验结果表明: 与对照 CK 相比, 喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料能显著提高莴笋的株高和茎粗, 有效促进作物的生长; 从光合特性看, T3 处理的光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度和蒸腾速率均显著优于对照 CK, 和常规施肥 T1 相比也有明显提高, 说明喷施+灌施含氨基酸水溶肥料能提高莴笋的光合作用。产量上, T3>T2>T1>CK, T1、T2 和 T3 的产量相较于 CK 的增长幅度分别为 20.17%、26.05%、31.65%, T2 和 T3 相较于 T1 的增长幅度分别达到 4.90% 和 9.99%, T3 相较于 T2 的增长幅度为 4.44%, 表明 EM 微生物菌剂和含氨基酸水溶肥料均能提高莴笋的产量, 而含氨基酸水溶肥料的效果更佳。

关键词: 含氨基酸水溶肥料; EM 微生物菌剂; 莴笋; 喷施; 灌施

中图分类号: S145.2 文献标志码: A

Effects of Amino Acids Water Soluble Fertilizer and EM Microbial Agents on Growth and Quality of Facility Lettuce

WANG Dongsheng^{1,2}, WANG Bei¹, SUN Feifei¹, LI Weiming¹, WU Xudong¹, LIU Qingye¹, CHEN Lili¹, ZHOU Xiaoping¹, CHEN Kuili¹, HUANG Zhongyang^{1*}

(1 *Nanjing Institute of Vegetable Science, Nanjing 210042, China*; 2 *College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*)

Abstract: The effects of leaf spraying and root irrigation with amino acids water soluble fertilizer and EM microbial agents on the growth, photosynthetic characteristics, yield and quality of lettuce were studied. 4 treatments were designed in the experiment: CK, no fertilizer was applied; T1, conventional fertilizer; T2, EM microbial agent; and T3, amino acids water soluble fertilizer. The results showed that compared with CK, spraying + irrigating EM microbial agents and spraying + irrigating amino acids water-soluble fertilizer could significantly increase the plant height and stem diameter of lettuce, and effectively promote the growth of lettuce. Compared with T1, the photosynthesis of lettuce was also significantly improved by spraying and irrigating amino acids water-soluble fertilizer. Lettuce yield was in order of T3>T2>T1>CK, T1, T2 and T3 increased lettuce yield by 20.17%, 26.05% and 31.65%, respectively; T2 and T3 increased lettuce yield by 4.90% and 9.99%, respectively compared with T1, and T3 increased lettuce yield by 4.44% compared with T2, which indicated that amino acids water soluble fertilizer and EM microbial agents could increase lettuce yield, and the effect of amino acids water soluble fertilizer is better.

Key words: Amino acids water soluble fertilizer; EM microbial agents; Lettuce; Spraying; Fertigation

含氨基酸水溶肥料主要是指以游离氨基酸为主体, 根据适合植物生长过程中所需要的营养元素比例, 添加适量的 Ca、Cu、Fe、Mn、Zn、B、Mo 等

元素而制成的液体或固体水溶肥料^[1-2]。含氨基酸水溶肥料施用方便, 功能广泛, 它能够改良土壤的理化性状, 促进土壤团粒结构形成; 能够促进作物生长,

①基金项目: 江苏省重点实验室开放基金项目(BM201101301)和南京市农业科技产学研合作示范项目(2018RHJD08)资助。

* 通讯作者(83630996@qq.com)

作者简介: 王东升(1980—), 男, 山西阳泉人, 硕士, 高级农艺师, 主要从事茄果类蔬菜研究。E-mail: wdsh000@126.com

使植株健壮;同时能够增强作物叶片的光合作用,提高植株的抗病性和抗病虫害能力;而且在增强植株抵抗盐渍、干旱等环境胁迫的能力方面也是颇有成效;最重要的是,含氨基酸水溶肥料还能够有效地提高作物的产量和品质^[3-6],提高经济效益。EM 菌剂是由日本比嘉照夫教授发明的一种新型微生物菌剂^[7],它是由光和细菌、乳酸菌群和革兰氏阳性放线菌群等 10 个属 80 多种微生物构成的复合菌群制剂,其主要以光合细菌和嗜菌性乳杆菌为主导,通过其合成能力支撑其他微生物活动。EM 菌剂拥有质量稳定、使用广泛和效果明显等特点,能促进有机肥发酵,提高作物的光合作用和产量,而且还能抑制有害微生物繁殖,减少动物病害^[8],现如今发现其已被广泛应用于环保业、种植业和养殖业^[9-11]。大量研究试验表明,含氨基酸水溶肥料和 EM 微生物菌剂均有促进作物生长、改善作物品质的作用。

莴笋又称为莴苣、青笋、千金菜等,属植物界被子植物门双子叶植物纲菊科莴苣属莴苣种,是一、二年生的草本植物。莴笋具有适应性强、营养价值高、生长期短等特点,可春秋两季或越冬栽培,主要以春季栽培为主,夏季收获,是我国南方地区广泛栽培和食用的绿色蔬菜之一,因其鲜嫩可口而备受消费者的青睐^[12]。

为了实现农业的可持续发展,减少化肥过量施用带来的各种危害,本试验通过测定莴笋的植株长势、光合特性、果实品质和产量等各项指标,研究 EM 微生物菌剂和含氨基酸水溶肥料的肥效,部分替代化肥,为设施蔬菜的优质高效栽培提供实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试作物:莴笋,品种为种都青。

供试肥料:含氨基酸水溶肥料,由江阴市联业生物科技有限公司生产,氨基酸含量 ≥ 100 g/L,微量元素(Fe+Mn+Cu+Zn+B+Mo) ≥ 20 g/L,该肥料由屠宰场下脚料猪毛经高温酸解后,螯合微量元素制成^[13]。EM 微生物菌剂,由江苏沃纳生物科技有限公司生产,是一种由光和细菌、乳酸菌群和革兰氏阳性放线菌群等 10 个属 80 多种微生物构成的复合菌群制剂。

基肥:有机肥由南通惠农生物有机肥有限公司提供,总养分 $\geq 5\%$,有机质 $\geq 45\%$ 。复合肥由安徽省司尔特肥业股份有限公司生产, $N+P_2O_5+K_2O \geq 45\%$,3 种养分等量。

供试土壤为南京市蔬菜花卉科学研究所设施大

棚土壤。土壤基本性质如下:pH 6.35,有机质 21.56 g/kg,速效氮 196.36 mg/kg,有效磷 137.67 mg/kg,速效钾 289.43 mg/kg。

1.2 试验时间与地点

喷施和根部灌施含氨基酸水溶肥料和 EM 微生物菌剂均于 2017 年 10—11 月进行。具体喷施时间为 10 月 10 日,10 月 20 日,10 月 30 日,11 月 10 日,根部灌施时间为 10 月 9 日,10 月 19 日,10 月 29 日,11 月 9 日,田间试验地点在南京市江宁区横溪街道南京市蔬菜科技园内。

1.3 试验设计

试验共设 4 个处理:①不施用任何肥料(CK)。②常规施肥处理(T1)。基肥:普通商品有机肥施用量为 $6\ 000\text{ kg/hm}^2 + 45\%$ 复合肥(15-15-15)施用量 450 kg/hm^2 (莴笋小区面积 18 m^2 ,有机肥量 10.8 kg,45%复合肥 0.81 kg)。③EM 微生物菌剂(T2)。基肥施用量同处理②,EM 菌剂使用(喷施 EM 菌剂母液稀释 500 倍,灌施 EM 菌剂母液稀释 500 倍),每株 500 ml,定植后,喷施每 10 d 一次,灌施每 10 d 一次,先灌施后喷施。④含氨基酸水溶肥料(T3)。基肥施用量同处理②,氨基酸水溶性肥料施用(喷施含氨基酸水溶肥料稀释 500 倍,灌施含氨基酸水溶肥料母液稀释 500 倍),每株 500 ml,定植后,喷施每 10 d 一次,灌施每 10 d 一次,先灌施后喷施。

在作物的整个生育期连续喷施、灌施 4 次,每个处理设 3 次重复,共 12 个小区,随机区组设计,小区规格为 $9\text{ m} \times 2\text{ m}$ 。喷施时间为晴天无风的早上、傍晚或者阴天进行。

1.4 测试项目及方法

1.4.1 生物学性状及产量的测定 分别测定莴笋的株高、茎粗和单果重。株高和茎粗分别选用直尺和得威斯游标卡尺进行测定。所有指标每小区随机取 10 株植株进行测定,取平均值。果实成熟,对整个生育期的产量进行统计。

1.4.2 果实品质的测定 每个小区选择长势基本一致的 6 个植株,采集果实带回实验室后,立即进行样品处理,分别测定果实中可溶性糖、蛋白质、硝酸盐和 Vc 的含量,可溶性糖、蛋白质含量分别用斐林试剂法和考马斯亮蓝法测定,硝酸盐和 Vc 的含量用高效液相色谱法测定^[14-17]。

1.4.3 植株光合测定 在坐果前期采用 Li-6400 便携式光合仪在每个小区随机选择 3 株莴笋植株对其自上而下第 3 片功能叶进行测定,方法采用非控制环境条件测定流程(不加 CO_2 钢瓶)。

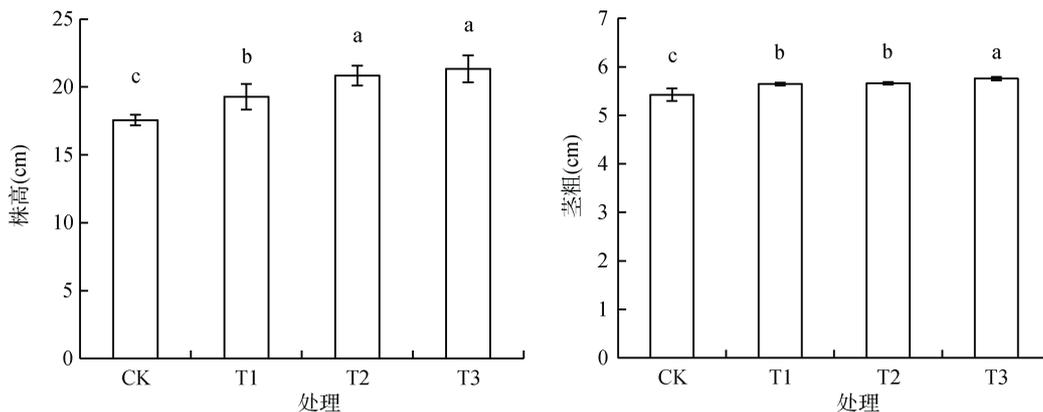
1.5 数据分析

测定数据采用 SPSS 22.0 软件进行分析, 差异显著性采用单因素方差分析评价, 显著性水平设为 0.05, 多重比较采用最小显著极差法(LSD)。数据整理和平均值、标准差等计算以及图形的绘制均使用 Excel 2007 软件。

2 结果与分析

2.1 含氨基酸水溶肥料和 EM 微生物菌剂对莴笋生长的影响

2.1.1 不同处理对莴笋生物学性状的影响 图 1 表明, 与对照 CK 相比, 常规施肥(T1)、喷施+灌施



(图中小写字母不同表示处理间差异达 $P < 0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 不同处理对莴笋株高和茎粗的影响

Fig.1 Lettuce heights and stem diameters under different treatments

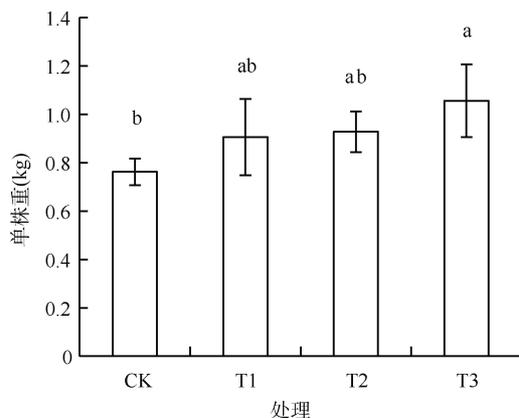


图 2 不同处理对莴笋单株重的影响

Fig. 2 Lettuce weights under different treatments

2.1.2 不同处理对莴笋光合特性的影响 光合特性能够反映出植株生长活力的大小, 主要包括光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)以及蒸腾速率(T_r)。由表 1 可知, 与对照 CK 相比, 处理 T1、T2 和 T3 的光合速率均显著高于 CK, 而 T3 处理则显著高于 T1, T1 和 T2、T2 和 T3 相比, 有一定的差异,

EM 微生物菌剂(T2)和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料(T3)处理均显著提高了莴笋的株高和茎粗; 与 T1 相比, T2 和 T3 显著提高莴笋的株高, T2 和 T3 处理间无显著差异; 在茎粗上, T3 显著高于 T1 和 T2, T1 和 T2 相比差异不显著。说明喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料对莴笋有明显的促生效果。

由图 2 可知, 处理 T3 的单株重显著高于对照 CK; CK 与 T1、T2 相比, 有一定的差异, 但差异不显著; T2 与 T3 相比无明显差异。说明处理喷施+灌施含氨基酸水溶肥料对于提高莴笋的单株重有一定效果。

但差异不显著; 在气孔导度上, 处理 T3 显著高于 CK、T1 和 T2, CK、T1 和 T2 三者之间无显著差异; 在胞间 CO_2 浓度上, T1、T2 和 T3 处理显著高于对照 CK, 而 T2 和 T3 则显著高于 T1, T2 和 T3 两者无显著差异; T1、T2 和 T3 处理蒸腾速率显著高于对照 CK, 而 T2 的蒸腾速率显著高于 T1, T1 和 T3、T2 和 T3 相比, 有一定的差异, 但差异不显著。说明喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料均能有效改变莴笋的光合特性, 促进植物的光合作用。

2.1.3 不同处理对莴笋产量的影响 表 2 表明, 在莴笋产量上, T1 处理比对照 CK 增产 $7\ 666.67\ kg/hm^2$, 增产幅度达到 20.17%, T1 处理与对照 CK 相比有一定差异, 但差异不显著; T2、T3 处理比对照 CK 分别增产 $9\ 902.78\ kg/hm^2$ 和 $12\ 032.41\ kg/hm^2$, 增产幅度分别达到 26.05% 和 31.65%, 均达到显著差异水平。T2、T3 处理分别比 T1 处理增产 $2\ 236.11$ 和 $4\ 565.74\ kg/hm^2$, 增产幅度 4.90% 和 9.99%, 均未达到显著差异水平; T3 处理比 T2 增产 $2\ 129.63\ kg/hm^2$, 增产幅度 4.44%, 两个处理之间无显著差异。说明喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷

表 1 不同处理对莴笋光合特性的影响
Table 1 Lettuce photosynthetic characteristics under different treatments

处理	光合速率 $P_n(\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$	气孔导度 $G_s(\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$	胞间 CO_2 浓度 $C_i(\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$	蒸腾速率 $T_r(\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}))$
CK	24.85 ± 1.02 c	0.29 ± 0.03 b	217.80 ± 12.54 c	6.14 ± 0.07 c
T1	26.98 ± 0.29 b	0.32 ± 0.01 b	237.83 ± 2.71 b	6.50 ± 0.17 b
T2	28.27 ± 0.93 ab	0.33 ± 0.04 b	255.51 ± 9.74 a	6.81 ± 0.22 a
T3	28.93 ± 1.00 a	0.40 ± 0.03 a	260.03 ± 8.97 a	6.72 ± 0.06 ab

注: 表中同列数据小写字母不同表示处理间差异达 $P < 0.05$ 显著水平, 下表同。

表 2 不同处理对莴笋产量的影响
Table 2 Lettuce yields under different treatments

处理	产量平均值(kg/hm^2)	与 CK 比较		与 T1 比较		比 T2 比较	
		增产量(kg/hm^2)	增产率(%)	增产量(kg/hm^2)	增产率(%)	增产量(kg/hm^2)	增产率(%)
CK	38 013.89 ± 6 670.20 b						
T1	45 680.56 ± 1 690.34 ab	7 666.67	20.17				
T2	47 916.67 ± 4 640.20 a	9 902.78	26.05	2 236.11	4.90		
T3	50 046.30 ± 5 609.26 a	12 032.41	31.65	4 565.74	9.99	2129.63	4.44

施+灌施含氨基酸水溶肥料能提高莴笋的产量, 而喷施+灌施含氨基酸水溶肥料的提高效果显著。

2.2 不同处理对莴笋品质的影响

不同处理对莴笋品质的影响如表 3 所示。在可溶性糖含量和蛋白含量上, 对照 CK 与各处理之间无显

著性差异; 在硝酸盐含量上, CK、T2 和 T3 处理显著低于 T1; 在 Vc 含量上, T2 和 T3 显著高于 CK 和 T1。说明喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料能降低莴笋的硝酸盐含量和提高莴笋的 Vc 含量, 对于改善莴笋的品质有明显的效果。

表 3 不同处理对莴笋品质的影响
Table 3 Lettuce qualities under different treatments

处理	可溶性糖含量(mg/g)	蛋白含量(mg/g)	硝酸盐含量(mg/kg)	Vc 含量(mg/kg)
CK	1.45 ± 0.14 a	9.1 ± 0.8 a	354.69 ± 27.46 b	316.30 ± 33.02 b
T1	1.53 ± 0.11 a	10.6 ± 0.6 a	428.39 ± 25.61 a	316.90 ± 28.93 b
T2	1.53 ± 0.15 a	9.6 ± 0.7 a	360.70 ± 8.07 b	388.10 ± 18.58 a
T3	1.52 ± 0.10 a	10.7 ± 0.4 a	364.93 ± 50.48 b	409.10 ± 36.89 a

3 讨论

液体肥料富含作物生长过程中所需的各种营养元素, 能在短时间内满足植物对某些特定稀缺的营养元素的需求, 迅速缓解作物的缺素状况, 使肥料发挥出最大效益^[18-19]。液体肥施用方式一般分为叶面喷施和根部灌施, 叶面施肥具有速效性, 且养分全面、针对性强、养分利用率高、用量少、见效快, 叶面施肥可以补充根际施肥不能完全满足作物优质高产的需求, 通过叶面补充作物养分、调控作物生长来增加作物产量、改善作物品质^[20]; 灌施肥则具有省时省工、节约水肥、肥料利用率高和肥料使用均匀等特点, 与机械施肥和叶面喷施相比, 灌施肥操作简单, 能有效降低生产力成本, 在节约水和肥料的同时, 还节约了劳动力。无论喷施还是灌施, 液体肥对于减少化肥投

入、降低地下水硝酸盐污染的风险、缓解农业生态环境压力而言意义重大。

有研究证实, 植物可以直接吸收利用土壤中的小分子有机氮, 如氨基酸、核酸等。Fischer 等人^[21]研究发现, 氨基酸可以在植物体内不同器官间运输, 通过植物木质部和韧皮部进行。现有的研究已证实, 植物能够吸收分子态的氨基酸, 氨基酸含有碳、氮等元素, 它们不仅可以为植物提供氮素养分, 还能作为碳骨架参与体内的能量代谢, 因此, 氨基酸对植物生长发育及提高作物产量和品质都具有重要的促进作用。EM 微生物菌剂通过光合菌群、乳酸菌群等有益微生物相互作用, 产生大量易为植物吸收的各种物质, 如氨基酸、有机酸、各种生化酶, 从而促进植物生长。本试验研究结果表明, 喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料能有效促进莴笋的生

长,而且能显著提高设施莴笋的产量,与常规施肥相比,增长幅度更是分别达到 4.90% 和 9.99%。有研究证实,使用 EM 菌稀释液浸种、叶面喷洒、蘸根等,可明显促进种子发芽和幼苗生长^[22]。杨峰等人^[23]研究表明,EM 菌肥能显著促进玉米生长,提高玉米的产量。有研究表明,含氨基酸水溶肥料能够有效促进番茄叶绿素的增加,提高番茄的单果重^[24]。李后凤^[25]研究发现,含氨基酸水溶肥料能显著提高番茄、芹菜的产量。氨基酸液肥可以明显改变莴笋的生物学经济形状,尤其是莴笋的株高、茎粗,增产增收效果较显著^[26]。以上研究均与本试验得到的研究结果相一致,说明 EM 微生物菌剂和含氨基酸水溶肥料对于促进作物生长,提高作物产量方面的确有一定的作用。

植物光合作用是植物叶片利用 CO₂ 和 H₂O 合成有机物的过程,通过提高光合作用强度来促进植物生物量的累积^[27],植物利用光能把无机物(水、CO₂)转化为有机物,最终转化为生命活动所必需的氧气^[28]。植物生长过程中的光合特性通常以光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)等指标来反映^[29]。 G_s 反映外界环境 CO₂ 通过气孔进入到叶肉细胞叶绿体羧化部位的限制程度,是决定 P_n 高低的一个重要因素^[30],而 P_n 是影响植物同化能力和产量的关键因素^[31],其变化与光质、光强、光照时间等因素密切相关^[32]。本试验认为,含氨基酸水溶肥料能有效促进莴笋叶片的光合作用,同时能改善莴笋的口感品质。而大量氨基酸肥料施用试验证明,氨基酸肥料可以促进草莓^[33]、番茄^[34]、黄瓜^[35]、生菜^[36]等植物叶片光合作用,提高植物抗氧化酶活性,促进光合产物积累^[37],增强植株抵抗环境胁迫的能力,改善其品质。孙新娥等^[38]报道了氨基酸水溶性肥料对日光温室中芸豆叶片光合和产量的影响,证明氨基酸肥料可以提高叶片效率,减少光合午休程度,提高产量并改善品质。本试验得出的结论与这些研究一致,说明含氨基酸水溶肥料对于促进作物光合和改善作物品质有一定的效果。

4 结论

1) 喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料均能显著提高莴笋的株高和茎粗,对莴笋有明显的促生效果。

2) 喷施+灌施含氨基酸水溶肥料能提高莴笋的单株重。喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料能提高莴笋的产量,而喷施+灌施含氨

基酸水溶肥料的提高效果显著,对于莴笋增产有明显效果。

3) 喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料均能有效改变莴笋的光合特性,促进植物的光合作用,喷施+灌施含氨基酸水溶肥料的效果更加显著。

4) 喷施+灌施 EM 微生物菌剂和喷施+灌施含氨基酸水溶肥料能降低莴笋的硝酸盐含量和提高莴笋的 Vc 含量,对于改善莴笋的品质有明显的效果。

参考文献:

- [1] 张亚平. 套种大豆喷施含氨基酸水溶肥料肥效研究[J]. 现代农业科技, 2008(9): 120, 122.
- [2] 王学君, 韩广津, 董晓霞, 等. 含氨基酸水溶肥料对黄瓜产量和经济效益的影响[J]. 山东农业科学, 2011, 43(5): 64-65.
- [3] 陈红娟, 樊继刚, 李涌, 等. 含氨基酸水溶肥料在辣椒上的肥效试验[J]. 上海蔬菜, 2014(5): 60-61.
- [4] 邓保华. 浅析含氨基酸水溶肥料在蔬菜上的应用[J]. 大科技, 2013(5): 239-240.
- [5] Wang J L, Liu Z M, Wang Y, et al. Production of a water-soluble fertilizer containing amino acids by solid-state fermentation of soybean meal and evaluation of its efficacy on the rapeseed growth[J]. Journal of Biotechnology, 2014, 187: 34-42.
- [6] 王军, 关新元, 陈云, 等. 含氨基酸水溶肥料在茄子上的施用效果[J]. 新疆农垦科技, 2014, 37(12): 35-36.
- [7] 李维炯, 倪永珍. EM 技术研究与应用[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996.
- [8] 王强. 菌糠与 EM 菌配施对玉米品质、产量及土壤理化性状的影响[D]. 太谷: 山西农业大学, 2016.
- [9] 刘景德. 浅析微生物肥料的特点及存在的问题[J]. 中国科技纵横, 2010(19): 141.
- [10] 王伟. 有效微生物群(EM)及其在国外农业上的应用[J]. 上海农业科技, 1995(3): 47-48.
- [11] 张瑛, 王晓云. EM 微生物技术在畜禽饲养业中的应用[J]. 吉林畜牧兽医, 1996, 17(6): 21.
- [12] 杜新民, 张永清, 吴忠红, 等. 氮钾配施对莴笋产量和品质的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(5): 924-927.
- [13] 王蓓. 含氨基酸水溶肥料在设施辣椒和豇豆上的应用效果研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
- [14] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72(12): 248-254.
- [15] Ouchemoukh S, Schweitzer P, Bey M B, et al. HPLC sugar profiles of Algerian honeys[J]. Food Chemistry, 2010, 121(2): 561-568.
- [16] 杨林娥, 彭晓光, 杨庆文, 等. 斐林试剂法测定还原糖方法的改进[J]. 中国酿造, 2010, 29(5): 160-161.
- [17] Filson P B, Dawson-Andoh B E. Characterization of sugars from model and enzyme-mediated pulp hydrolyzates using high-performance liquid chromatography coupled to

- evaporative light scattering detection[J]. *Bioresource Technology*, 2009, 100(24): 6661–6664.
- [18] 曹小艳, 李小进. 微量元素对农产品品质的影响[J]. *安徽农学通报*, 2007, 13(17): 212, 194.
- [19] 黄红弟, 郑岩松, 张华, 等. 大神农叶面肥对菜心产量及品质的影响[J]. *长江蔬菜*, 2008(10): 69–70.
- [20] 何永梅, 罗光耀. 水溶肥料的特点及其在农业生产上的应用[J]. *科学种养*, 2012(1): 6–7.
- [21] Fischer W, Andre B, Rentsch D, et al. Amino acid transport in plants[J]. *Trends in Plant Science*, 1998, 3(5): 188–195.
- [22] 张葳葳, 王玺, 于明艳. EM 包衣对玉米苗期防治丝黑穗病效果研究[J]. *玉米科学*, 2009, 17(3): 83–86.
- [23] 杨峰, 杨荣, 李峰, 等. 喷施 EM 菌肥对夏玉米产量的影响[J]. *农学学报*, 2012, 2(9): 5–7, 17.
- [24] 徐同珊, 樊继刚, 胡英强. 新型肥料在番茄上的应用肥效试验报告[J]. *现代农业*, 2014(6): 19–21.
- [25] 李后凤. 含氨基酸水溶肥料番茄田间试验研究[J]. *安徽农学通报*, 2012, 18(15): 87–88.
- [26] 吉中贵, 邓相秋, 李峰元. 莴笋施用氨基酸液肥对生物学经济性状及产量的影响[J]. *安徽农学通报*, 2009, 15(13): 112, 52.
- [27] 梁振娟, 马浪浪, 陈玉章, 等. 马铃薯叶片光合特性研究进展[J]. *农业科技通讯*, 2015(3): 41–45.
- [28] Xu D Q. Progress in photosynthesis research: From molecular mechanisms to green revolution[J]. *Acta Phytobiologica Sinica*, 2001, 27(2): 97–108.
- [29] 郑盛华. 水分胁迫对玉米生理生态特性影响的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [30] 刘建福. 澳洲坚果叶片光合速率和叶绿素荧光参数日变化[J]. *西南农业大学学报(自然科学版)*, 2006, 28(2): 271–274.
- [31] Berry J A, Downton W J S. *Environmental Regulation of Photosynthesis/Photosynthesis*[M]. America: Academic Press, 1982.
- [32] 张振贤, 艾希珍, 张福嫔. 蔬菜作物光合作用研究进展[J]. *园艺学报*, 2001, 28(S1): 627–632.
- [33] 刘卫琴, 康琅, 汪良驹. ALA 对草莓光合作用的影响及其与抗氧化酶的关系[J]. *西北植物学报*, 2006, 26(1): 57–62.
- [34] 徐铭, 徐福利. 5-氨基乙酰丙酸对日光温室番茄生长发育和产量品质的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2008, 36(9): 128–132.
- [35] 刘玉梅, 艾希珍, 于贤昌. 5-氨基乙酰丙酸对亚适宜温光条件下黄瓜幼苗光合特性的影响[J]. *园艺学报*, 2010, 37(1): 65–71.
- [36] 祁向玲, 邹志荣, 杨蕊. 外源 ALA 对 NaCl 胁迫下生菜植株的缓解效应[J]. *西北农业学报*, 2008, 17(2): 202–206.
- [37] 康琅, 程云, 汪良驹. 5-氨基乙酰丙酸对秋冬季大棚西瓜叶片光合作用及抗氧化酶活性的影响[J]. *西北植物学报*, 2006, 26(11): 2297–2301.
- [38] 孙新娥, 申明, 王中华, 等. 两种叶面肥对日光温室芸豆叶片光合作用和果实品质的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2011, 34(3): 37–42.